Die Beziehungen zwischen dem Vorkommen von Saponin und der systematischen Gliederung einiger Gattungen der Ranunculaceen.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

genehmigt

von der Philosophischen Fakultät der
Friedrich-Wilhelms-Universität zu Berlin

Von

Mohamed Ibrahim Geaisa

aus

Kohafa-TANTA (Ägypten)

Tag der mündlichen Prüfung: 14. Dezember 1933
Tag der Promotion: 28. Februar 1934

Druck: Doktordruck — Graphisches Institut Paul Funk,
Berlin SW 68, Friedrichstr. 231.

158

Referenten: Prof. Dr. Gilg
Prof. Dr. Noack

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Meinen Eltern zum Andenken
und
meiner Frau gewidmet.

Inhaltsverzeichnis.

Seite

A. Einleitung 5

B. Hauptteil

I. Chemischer Teil:

Die Saponine:

1. Geschichtliches 7
2. Chemische, physikalische und physiologische Eigenschaften 8
3. Pflanzenphysiologisches 10
4. Nachweis 12

II. Botanisch - systematischer Teil: 15

Die chemischen Ergebnisse und ihre Auswertung in systematischer Hinsicht bei den Gattungen:

1. Nigella 16
2. Helleborus 24
3. Aconitum 32
4. Paeonia 45

C. Zusammenfassung 47

D. Literaturverzeichnis 49

A. Einleitung.

Phytochemie und Systematik.

Während sich die Systematiker früher bei der Aufstellung von Gliederungen allein der morphologischen Merkmale bedienten, haben sie später auch die anatomischen, zytologischen und geographischen Beziehungen berücksichtigt. In neuerer Zeit ist zu diesen Untersuchungsgebieten noch die Phytochemie hinzugekommen. Bei diesen Untersuchungen hat es sich herausgestellt, daß manche Pflanzenstoffe z. B. Alkaloide (1), Gerbstoffe (2), Bitterstoffe, ätherische Öle und Farbstoffe für ganze Familien resp. Gattungen charakteristisch sind, andere dagegen ein sehr großes Verbreitungsgebiet innerhalb des Pflanzenreiches besitzen, wie z. B. die Saponine (3), die in Familien, die im System weit auseinander stehen, vorkommt. Nach den vorläufigen Ergebnissen der Arbeiten auf dem Gebiete der Phytochemie tritt die Ansicht immer mehr in den Vordergrund, daß das Vorkommen oder Fehlen bestimmter Inhaltstoffe kaum für die Verwandtschaft von Familien, sondern nur innerhalb von Familien oder Gattungen verwertbar ist. Natürlich wird man den phytochemischen Ergebnissen nicht die alleinige Entscheidung in systematischen Fragen überlassen, sondern sie nur zur Stützung der auf Grund morphologischer und anatomischer Merkmale aufgestellten Gliederungen benutzen. Wenn die Ergebnisse der chemischen Untersuchungen mit der bestehenden Systematik nicht übereinstimmen, so wird die Phytochemie mindestens eine neue Kritik anregen, um auf Grund morphologischer, anatomischer und geographischer Untersuchungen unter Berücksichtigung der chemischen Ergebnisse eine Vervollkommnung der Systematik zu erreichen.

Die Tatsache, daß häufig ein Zusammenhang zwischen dem Auftreten bestimmter Stoffe und den morphologischen Merkmalen des Pflanzenkörpers besteht, ist schon lange bekannt. Das Interesse an phytochemischen Untersuchungen entstand ursprünglich durch die medizinische Nutzanwendung der Pflanzen. Schon die pharmazeutische Botanik eines Galenus (4) kannte das Vorkommen ähnlich wirkender Stoffe in verwandten Pflanzen. Auch De Candolle (5) sprach die Ansicht aus, daß die Säfte, die man aus verwandten Arten einer Gattung oder Familie gewonnen hat, eine ähnliche medizinische Wirkung ausüben. Auch in den medizinisch-botanischen Lehrbüchern im Anfang des 19. Jahrhunderts findet man häufig eine der Lehre De Candolles zustimmende Haltung. Der heutige Standpunkt steht diesem Arbeitsgebiet ebenfalls nicht ablehnend gegenüber. In den letzten Jahren mehren sich nun die Arbeiten, die durch Reihenversuche die phytochemischen Befunde für die verwandtschaftlichen Beziehungen innerhalb der Familie, Gattung oder Sektion auswerten. Zu erwähnen sind hier die verschiedenen Arbeiten von Münkner (6), Heppeler (7), Jaretzky (8) und Heinemann (9), die im Botanischen Museum zu Berlin-Dahlem unter Leitung von Herrn Professor Dr. Gilg ausgeführt wurden und die zum Thema das Vorkommen von Emodin im Hinblick auf die Systematik verschiedener Familien hatten.

Nachdem zum Nachweis von Saponin eine gute Mikroreaktion gefunden war, wurden auch verschiedene Familien daraufhin untersucht, ob das Vorkommen oder Fehlen von Saponin eine brauchbare Stütze für die Systematik sein kann. Die Brauchbarkeit dieser Methode wurde durch die Arbeiten von Schneider (10), Kassau (11), Kröning (12), Zumbruch (13), Schmidt (14), Quint (15), Müller (16), Banzer (17), Pöckel (18) und Ullrich (19), die auch unter der Leitung von Herrn Professor Dr. Gilg ausgeführt wurden, bestätigt.

Als Glied dieser Reihe von Arbeiten wurde mir von Herrn Professor Dr. Gilg der Auftrag zu teil, die Tribus Helleboreae, Hydrastideae und Paeonieae der Ranunculaceae

auf das Vorkommen von Saponin zu prüfen und festzustellen, ob die Ansicht von der Übereinstimmung zwischen Systematik und Phytochemie zu Recht besteht.

Es sei mir an dieser Stelle gestattet, Herrn Professor Dr. Gilg für die Überlassung des Themas und sein reges Interesse an meiner Arbeit meinen aufrichtigsten Dank auszusprechen. Ferner danke ich Herrn Professor Dr. Diels für die Erlaubnis, im Botanischen Museum meine Studien durchzuführen und das Herbarmaterial sowie auch frische Pflanzen aus dem Botanischen Garten zu meinen Untersuchungen benutzen zu dürfen. Auch Herrn Professor Dr. Schürhoff und Herrn Professor Dr. Ulbrich danke ich für ihre freundlichen Hinweise.

B. Hauptteil.

I. Chemischer Teil: Die Saponine.

1. Geschichtliches.

Schon den Arabern war im Mittelalter bekannt, daß manche Pflanzen Seifenstoff enthalten und sich aus diesem Grunde zum Waschen eignen, und sie haben diesen Pflanzen daher Namen gegeben, die auf Seife hindeuten wie z. B.:

Arab. Name	Bedeutung	Latein. Name
Saboon gheet	Feldseife	Euphorbia peplus L.
Saboon el-thiab	Kleiderseife	Gypsophila struthium L.
Saboon el-ra'y	Schäferseife	Cyclamen latifolium Sibth.
Saboon arab	Araberseife	Samolus valerandi L.
Sabooniah	Seifende	Saponaria officinalis L.
		u. a.

Alle diese Pflanzen enthalten Saponin und demnach sind den Arabern die wesentlichen physikalischen Eigenschaften der Saponine, denen diese Körper ihren Namen verdanken, bekannt gewesen, wenn sie auch nicht den Begriff des Saponins und das Saponin als chemischen Körper kann-

ten. Die Bezeichnung Seifenstoff finden wir im Berliner Jahrbuch der Pharmazie 1795 bei Hermbstädt, den er aber wahrscheinlich bereits von Scheele übernommen hatte. In der Bezeichnung Seifenstoff haben wir den Vorläufer für den Begriff „Saponin". Als Entdecker des Saponins wird von Ferchl (20) Grothus angegeben. Bald darauf kam es auch durch Gmelin (21) zur Prägung des Wortes Saponin, das durch ihn in die wissenschaftliche Literatur einging. Wertvolle Bereicherungen unserer Kenntnisse von den Saponinen lieferte uns dann Bussy (22) und Flückiger (23). Von den späteren Forschern, die eine zusammenfassende Darstellung der Saponine gaben, seien vor allem Kobert (24) und Kofler (25) genannt.

2. Physikalische, chemische und physiologische Eigenschaften.

Die Saponine stellen eine Gruppe von Pflanzenstoffen dar, die durch eine Anzahl physiologischer, physikalischer und chemischer Eigenschaften gut charakterisiert sind. Sie sind optisch aktive, meistens stickstoffreie, hämolytisch wirksame und seifenähnlich schäumende Pflanzenstoffe. Noch in starker Verdünnung sind sie für Fische starke Gifte. Durch Einwirkung von verdünnten Mineralsäuren oder Fermenten (26) liefern die Saponine neben Zucker, Hexosen, Pentosen oder anderen Kohlenhydratkomplexen die sogenannten Sapogenine. Wegen dieser Eigenschaft werden die Saponine von manchen Autoren zu den Glykosiden gerechnet. Eine vermittelnde Stellung zwischen Glykosiden und Alkaloiden nehmen die stickstoffhaltigen Saponine, z. B. das Solanin, ein, die alkalisch reagieren. Die Zuckerabspaltung geht zuweilen recht langsam vor sich, so daß zuerst die sogenannten Prosapogenine oder Anfangssapogenine entstehen. Diese Stoffe enthalten noch Zuckerkomponenten in ihrem Molekül, und erst nach energischer Einwirkung der Spaltungsmittel erhält man die Endsapogenine, die nun vollkommen zuckerfrei sind. Aus manchen Saponinen entstehen

nach diesem Verfahren zwei Endsapogenine. Die Kristallisationsfähigkeit der Sapogenine ist größer als die der Saponine, ihre physiologische Wirkung ist meist bedeutend schwächer und in Wasser sind sie unlöslich. Die Saponine sehen weiß, gelblich bis braun aus und sind meistens ein amorphes Pulver. Nur einige konnte man in kristallisiertem Zustand erhalten, wie z. B. das Digitonin aus den Samen von Digitalis purpurea (27), die Primulasäure aus Primulaceen (28), das Cyclamin aus der Knolle von Cyclamen europaeum (29) und das Hederin aus den Blättern von Hedera helix (30). Die Saponine sind im Wasser und verdünntem heißem Alkohol löslich, aber in Äther, Chloroform, Benzin und anderen Fettlösungsmitteln unlöslich. Die Lösung hat einen ausgeprägt kolloidalen Charakter. Häufig sind die Saponine stark hygroskopisch und besitzen in hohem Maße die Befähigung, Farbstoffe aus Lösungen an sich zu reißen. In größeren Dosen eingenommen oder in kleineren intravenös injiziert wirken die Saponine tödlich, beim Einatmen verursachen schon kleinste Mengen starkes Niesen. Sie schmecken kratzend und wirken Brechen erregend.

Kobert hat die Saponine entsprechend ihrem Verhalten neutralem und basischem Bleiazetat gegenüber in neutrale Saponine und saure Saponine oder Saponinsäuren eingeteilt. Unter Saponinsäuren vereinigt Kobert auch solche Saponine, die erst nach Absättigung der Azidität durch Alkali in Wasser gut löslich werden; erst dann haben sie wie die neutralen Saponine die Eigenschaft des Schäumens. Solange aber die Konstitution der Saponine nicht genau erforscht ist, läßt sich eine brauchbare Einteilung dieser Stoffe hinsichtlich ihres sauren oder neutralen Charakters nicht aufstellen.

Die Schaumkraft der Saponine, die auf einer Erniedrigung der Oberflächenspannung und auf Häutchenbildung beruht, hat man außer zum qualitativen auch zum quantitativen Nachweis dieser Stoffe in Drogen herangezogen. Doch hat man bald gefunden, daß die Bestimmung des Saponingehaltes einer Droge mit Hilfe der Schaumzahl sehr ungenau

ausfallen muß, da auch noch andere Inhaltsstoffe der Droge die Schaumkraft der Saponine beeinflussen können (31).

Die meisten Saponine setzen sich aus folgenden Elementen zusammen: Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff. Der Kohlenstoffgehalt schwankt zwischen 50 und 63 %, der Wasserstoffgehalt zwischen 6 und 9 %. Die angegebenen Reihenformeln von Flückiger und von Kobert sowie die meisten in der Literatur verzeichneten Saponinformeln sind wenig zuverlässig, da die Saponine bisher sehr schwer von den begleitenden Kohlehydraten zu isolieren sind und daher das zur Elementaranalyse verwendete Material nicht ganz rein und eindeutig ist.

Barytwasser oder Bleiazetat fällen die Saponine aus wässerigen Lösungen. Durch neutrales Bleiazetat werden aber nur saure Saponine gefällt, die neutralen Saponine benötigen zu ihrer Fällung basisches Bleiazetat. Die Bleiazetatmethode ist am wichtigsten, denn die Barytmethode ist außer Gebrauch gekommen, weil dadurch die Toxicität der Saponine wesentlich vermindert. Außerdem gibt es noch die Magnesiamethode nach Greene.

Die wichtigsten chemischen Verbindungen der Saponine sind ihre Cholesteride. Das Saponincholesterid wirkt nicht mehr hämolytisch, es kann aber durch Xylol wieder gespalten werden. Die Saponincholesteride sind zum Teil kristallinisch, und auch auf diesem Wege durch nachfolgende Spaltung ist z. B. von Windaus eine reine Darstellung einiger Saponine unternommen worden.

Die Verhältniszahlen, in denen sich die Moleküle Cholesterin und Saponin verbinden, schwanken. Die Lezithide der Saponine erhöhen im Gegensatz zu den Cholesteriden die hämolytische Wirkung. An chemischen Verbindungen sind außerdem noch bekannt die Jod- und Bromsaponine.

3. Pflanzenphysiologisches.

Die pflanzenphysiologische Rolle der Saponine ist noch nicht geklärt. Waage (32) betrachtete die Saponine als

Nebenprodukte des pflanzlichen Stoffwechsels und gab an, daß ein Verbrauch von einmal gebildetem Saponin nicht nachweisbar sei. Eine wichtige Funktion der Saponine sah Waage im Schutz gegen den Tierfraß. Eine Reihe von Tatsachen spricht dafür, daß den Saponinen doch eine Bedeutung als Reservestoff zukommt, ohne daß allerdings diese Funktion bisher exakt bewiesen werden konnte. Für diese Auffassung spricht das Vorkommen von größeren Mengen Saponin in manchen Speicherorganen, wie z. B. in der Wurzel von Gypsophila und in der Frucht von Sapindus saponaria, die bis zu 20 % Saponin enthalten. Nach Kobert besteht eine Analogie mit der Stärke. Die primäre Bildung der Saponine erfolgt in den Blättern, sie können aber überall sekundär abgelagert werden. Zum Zwecke des Transportes in die Speicherorgane werden die Saponine wahrscheinlich ebenso wie die Stärke in Verbindungen von geringerer Molekulargröße umgewandelt und dann am Endpunkte des Transportes von neuem aufgebaut. Dabei können Saponine entstehen, die mit denen der Blätter nicht identisch sind. Da die Saponine ebenso wie die Stärke in den Blättern gebildet werden, nahm man einen Zusammenhang zwischen dem Aufbau der Saponine und der Assimilation an. Aber bei den Versuchen von Fischer und Schropp (33) an Digitalisblättern konnte kein Zusammenhang zwischen der Saponinbildung und der Assimilation festgestellt werden.

Schaeffer (34) konnte bei Primula veris feststellen, daß das Saponin im Herbst aus den absterbenden Blättern verschwindet. Auch Tunmann (35) kam bei Polygala Senega zu der Ansicht, daß das Saponin sich in den Blättern bildet und beim Absterben der oberirdischen Teile in die ausdauernde Wurzel wandert. Das Trocknen der Herbarpflanzen hat dagegen auf den Saponingehalt kaum einen Einfluß, wie Versuche mit frischen und getrockneten Pflanzen bewiesen.

Nach Korsakow (36) scheint eine direkte Beziehung zwischen dem Verschwinden der Zucker und der Anhäufung

von Saponin in der Pflanze zu existieren, denn in den Samen von Agrostemma Githago häuft sich im Laufe der Entwicklung immer mehr Saponin an, während gleichzeitig der Zuckergehalt abnimmt.

Da die Sapogenine wasserunlöslich sind, während die Saponine sich in Wasser lösen, ist es wahrscheinlich, daß die Pflanze die Sopogenine durch Bindung an Zucker in wasserlösliche Form bringt und dadurch ihren Transport bewirkt.

4. Nachweis.

Zum chemischen Nachweis der Saponine ist die Methode von Rosoll (37) zu erwähnen, bei der sich die Saponine durch Einwirkung von Schwefelsäure erst gelb, dann rot und später rotviolett färben. Diese Methode, wie auch die nachher erwähnten Reaktionen, ist nicht brauchbar, wenn es sich um den Nachweis von Saponin neben anderen organischen Stoffen handelt, wie es bei Drogen der Fall ist, da leicht eine Täuschung durch die Raspailsche Reaktion auf Eiweiß, die ähnliche Färbungen liefert, möglich ist. Auch die Verkohlung von Kohlenhydraten kann die Färbung verdecken.

Hanausek (38) arbeitete mit einem Gemisch aus gleichen Teilen Schwefelsäure und Alkohol, setzte einen Tropfen Eisenchlorid zu und erhielt einen bräunlichen bis rötlichbraunen Niederschlag. Combes (39) fällte mit Barytwasser Saponinbaryt aus und führte diesen Niederschlag dann mit $K_2Cr_2O_7$ in $BaCrO_4$ über. Die Methode versagt aber bei Gegenwart von Gerbstoffen, die einen ähnlich gefärbten Niederschlag geben. Eine ebenfalls nur beschränkte Brauchbarkeit hat die von Sagel (40) beschriebene Reaktion. Hier wirken öfter Phytosterine störend. Ähnliches gilt von dem Vamvaskas'schen Verfahren, das mit Neßlers Reagens aufkochen läßt, worauf ein grauer Niederschlag ausfällt.

Da die vorher erwähnten Methoden für den Nachweis des Saponins in Pflanzenteilen kaum brauchbar sind, wurde die von Kobert (41) entdeckte hämolytische Wirkung der

Saponine von Luft (42) auch zum mikrochemischen Nachweis dieser Stoffe herangezogen. Kobert hatte im Reagenzglase saponinhaltigen Pflanzenauszügen Blut zugesetzt und so die hämolytische Wirkung der Saponine festgestellt. Hierbei ist aber stets eine größere Menge vom Untersuchungsmaterial notwendig, und da man bei Serienversuchen, wie bei der vorliegenden Arbeit, hauptsächlich auf das wertvolle und schwer zu ersetzende Herbarmaterial angewiesen ist, fällt unbedingt der geringste Materialverbrauch ins Gewicht. Deswegen wurde die Methode von Luft, nachdem Kofler und seine Schüler sie noch erheblich verbessert hatten, zum Nachweis von Saponin herangezogen.

Die Herstellung der Blutgelatine und der Saponinnachweis mit ihrer Hilfe ist von Fischer (43) ausführlich beschrieben worden.

Zur Herstellung der Blutgelatine löste ich 6—9 % Gelatina alba in einer $\frac{m}{30}$ Phosphatpufferlösung unter Zusatz von 0,7 % Kochsalz, setzte dieser Lösung darauf zur Klärung 1—2 % frisches Hühnereiweiß zu und filtrierte nach halbstündigem Kochen heiß durch Watte. Das Filtrat stellte ich dann genau mit Phosphorsäure oder mit Natronlauge auf die Wasserstoffionenkonzentration pH = 7,4 ein, füllte in Eprouvetten und sterilisierte im strömenden Wasserdampf ca. 20 Minuten, denn durch zu langes Erhitzen wird die Konsistenz der Gelatine verändert, d. h. sie beginnt erst bei niederer Temperatur zu erstarren. Zum Nachweis von Saponin erwärmte ich ein Reagenzglas von der so hergestellten Gelatine bis auf höchstens 40° C und setzte einige Tropfen Kaninchenblut zu. Der Zusatz von 0,7 % Kochsalz zu der Gelatinelösung soll Isotonie zwischen Blut und Gelatinelösung bewirken, um die Hypotoniehämolyse zu vermeiden. Die Pufferung der Gelatine hat den Zweck, die Säurehämolyse zu verhindern, denn organische Säuren finden sich in größerer oder geringerer Menge in jeder Pflanze. Der pH-Wert der Gela-

tine darf nicht weniger als 5,5 und nicht mehr als 11 betragen, sonst tritt Säuren- oder Laugenhämolyse ein. Die Verwendung von Blutgelatine hat vor der Reagenzglashämolyse den Vorzug, daß hier die einzelnen Erythrocyten festgelegt werden, wodurch die Blutgelatinemethode auch zu Lokalisationsversuchen herangezogen werden kann. Die Gelatine dient zugleich als gerbstoffbindendes Mittel zur Vermeidung der agglutinierenden Wirkung der Gerbstoffe auf die Erythrocyten.

Zur Ausführung der erwähnten Methode nahm ich kleine Stücke von allen vorhandenen Teilen einer zu untersuchenden Pflanze, spülte sie ab und weichte sie ungefähr 12 Stunden in so wenig physiologischer Kochsalzlösung ein, wie die Teile gerade aufnehmen konnten, um Saponinverluste zu vermeiden. Diese Vorbereitungen zur Prüfung einer Pflanze waren nur bei Herbarmaterial notwendig. Dann bettete ich die zu untersuchenden Pflanzenschnitte in einigen Tropfen halberstarrter Blutgelatine auf einem Objektträger ein und legte darauf einen zweiten unter leichtem Druck. Die Reaktion beobachtete ich von Zeit zu Zeit bis zu einem Tag. Enthielten die Schnitte Saponin, so bildete sich um sie herum ein hämolytischer Hof, der im Gegensatz zu der unbeeinflußten Blutgelatine durchsichtig war. Diese Hämolyse entstand durch Auflösung der Erythrocyten unter gleichzeitigem Austritt von Hämoglobin in das umgebende Medium.

Da manche Pflanzenstoffe, wie z. B. ätherische Öle, aliphatische Alkohole oder Ketone und manche Amine auch Hämolyse verursachen können, behandelte ich zum Nachweis, daß es sich um eine Saponinhämolyse handelte, Schnitte von den positiv reagierenden Pflanzen mit einer gesättigten alkoholischen Cholesterinlösung. Die in dieser Weise behandelten Schnitte gaben in der Blutgelatine keine Hämolyse mehr, wenn die Hämolyse vorher durch Saponin entstanden war. Diese Cholesteringegenprobe hat den Wert, den Hämolyseversuch eindeutig zu machen, da Saponincholesteride hämolytisch unwirksam sind. Ferner ist es noch möglich, dieses

Cholesterid durch Kochen mit Xylol wieder zu sprengen, worauf dann die Hämolyse wieder auftritt. Diese von Kofler und Fischer ausgearbeitete Methode gestattet nun, mit Sicherheit den Saponinnachweis durchzuführen.

II. Botanisch-Systematischer Teil.

Aus meinem Arbeitsgebiet, das die Tribus Helleboreae, Hydrastideae und Paeonieae der Familie der Ranunculaceae umfaßt, ist die Gattung Delphinium schon von Ullrich (19) auf das Vorkommen von Saponin geprüft worden. Der vierte Tribus der Ranunculaceae, Anemoneae, ist von Schneider (10) bearbeitet worden.

Übersicht über die untersuchten Gattungen mit einheitlicher Reaktion:

Glaucidium	1 Art	—
Hydrastis	1 Art	+
Caltha	18 Arten	+
Trollius	15 Arten	—
Eranthis	6 Arten	+
Isopyrum	21 Arten	—
Coptis	9 Arten	—
Xanthorrhiza	1 Art	—
Anemonopsis	1 Art	+
Actaea (incl. Cimicifuga)	11 Arten	—
Aquilegia	55 Arten	—

Die aufgezählten Gattungen boten keine Möglichkeit festzustellen, ob die morphologischen Unterschiede innerhalb einer Gattung sich auch im Vorkommen oder Fehlen von chemischen Inhaltsstoffen zu erkennen gibt. Dagegen wiesen die Gattungen Nigella, Helleborus, Aconitum und Paeonia im Vorkommen von Saponin Unterschiede auf, und ich habe daher diese Gattungen hauptsächlich meinen Untersuchungen zu Grunde gelegt.

1. Gattung NIGELLA (Tourn.) Linn.

Die Gattung zeichnet sich von den übrigen hierher gestellten Gattungen durch stark miteinander verwachsene Fruchtblätter und durch sehr fein zerteiltes Laub aus. Die etwa 20 Arten, aus denen sich die Gattung zusammensetzt, sind einjährige, krautige Pflanzen des Mittelmeergebietes mit bläulichen oder gelben, meist etwas gestielten Blumenblättern und zweispaltigen Honigblättern.

Von älteren Bearbeitungen, wie der von Boissier (44), der von Kuntze (45) und auch von der Monographie von Spenner aus dem Jahre 1829 (46) abgesehen, hat A. Brand im Jahre 1895 an Hand eines recht umfangreichen Herbarmaterials eine Spezialarbeit (47) nach rein morphologischen Prinzipien über die Gattung Nigella herausgegeben, die auch für meine, von phytochemischen Gesichtspunkten ausgehenden Untersuchungen in erster Linie zum Vergleich herangezogen wurde.

In dieser Monographie legt Brand für die Gliederung der Gattung das Hauptgewicht auf das verschiedenartige Aufspringen der reifen Früchte und gelangt somit zu drei ganz charakteristischen Untergattungen, von denen jede für sich wiederum auf Grund weiterer morphologischer Eigenheiten ihrer Arten in Sektionen bzw. Untersektionen aufgeteilt wird.

Es soll nun im folgenden dargelegt werden, ob sich meine auf das Vorkommen oder Fehlen von Saponin gegründeten verwandtschaftlichen Beziehungen unter den Arten sich mit denen von Brand festgestellten decken oder ob bei etwaigen Unterschieden sich ausreichende Gründe dafür anführen lassen, daß innerhalb dieser oder jener Sektion bzw. Untersektionen Umstellungen bei den Arten getroffen werden müssen, die auch mit morphologischen Tatsachen belegt werden können.

Ich halte die von Brand gewählte Reihenfolge inne und beginne mit der Besprechung der Untergattung Garidella Tourn.

A. Subgenus Garidella Tourn.

Alle Arten dieser Untergattung haben Früchte, die bei der Reife innen und außen zugleich aufspringen. Die verhältnismäßig kurzen Griffel trennen sich dabei der Länge nach in zwei Teile.

Die drei hierher gehörigen Arten werden zu zwei Sektionen zusammengefaßt, und zwar enthält die Sektion Eugaridella Brand (Garidella spenner) die beiden Arten: Nigella Nigellastrum Willk. und Nigella unguicularis Lam., bei denen die Kronblätter bei weitem die Kelchblätter überragen und die Laubblätter durchweg fiederteilig sind. Im Gegensatz hierzu steht die monotypische Sektion Komaroffia O. Ktze., deren Vertreter Nigella integrifolia Regel sich durch Kronenblätter, die etwas kürzer als die Kelchblätter sind, und durch Laubblätter, von denen nur die unteren ungeteilt bleiben, auszeichnet.

Diese Trennung der drei Arten in zwei Sektionen ist ohne Zweifel morphologisch gut begründet und läßt sich auch durch meine chemischen Befunde rechtfertigen.

So konnte ich bei den Arten der Sektion Eugaridella kein Saponin nachweisen, während bei Nigella integrifolia Regel der Saponinnachweis eindeutig positiv ausfiel. Wir haben also bei der Untergattung Garidella Tourn. zwei sowohl morphologisch als auch chemisch gut getrennte Sektionen vor uns.

Wir kommen jetzt zu der zweiten Untergattung, dem Subgenus Melanthium, das nach Zahl und Form seiner Glieder die beiden anderen Untergattungen um ein Beträchtliches überragt.

B. Subgenus Melanthium Brand.

Das, was diese Untergattung von dem eben besprochenen Subgenus Garidella und dem noch folgenden Nigellina trennt und zugleich wesentlich für sie ist, liegt ebenfalls in dem Verhalten ihrer Früchte begründet. Diese nämlich

öffnen sich bei der Reife an der dem Griffel gegenüberliegenden Seite, also an der Innenseite der Karpelle. Sodann ist dabei beachtenswert, daß sich die Teilung nicht bis auf die verhältnismäßig langen Griffel erstreckt, wie wir es bei der vorigen Untergattung kennengelernt haben.

Die Untergattung Melanthium. die ungefähr 14 Arten und ebensoviel Variationen umfaßt, gliedert sich ebenfalls in zwei Sektionen.

Die Sektion Nigellastrum Mch umfaßt drei Arten: Nigella orientalis L., Nigella ciliaris D. C. und Nigella oxypetala Boiss. und einige Varietäten. Alle drei Arten und Abarten haben flach zusammengedrückte Früchte und Samen von kreisförmiger Gestalt, die in unreifem Zustande länglich. im reifen dagegen kreisrund, papierdünn, mit einem breiten Hautrande versehen und in den Kapseln dachziegelig angeordnet sind. Die Proben auf Saponin fielen bei dieser Sektion überall negativ aus, ein weiterer Beweis dafür. daß wir es bei der Sektion Nigellastrum Mch. mit einer sehr natürlich umschriebenen Pflanzengruppe zu tun haben.

Bei der zweiten Sektion Eunigella Willk. (Nigellaria D. C.) dagegen liegen die Verhältnisse etwas schwieriger und gestalten sich auf den ersten Blick nicht so einheitlich wie bei der vorangegangenen Sektion. Dennoch fallen uns hier, wie wir noch sehen werden. systematisch recht scharf abgegrenzte Gruppen auf, die einer weiteren Gliederung und einheitlicheren Zusammenfassung und damit besserer Gegenüberstellung durchaus fähig sind. Die Früchte sind hier wenig, meistens garnicht zusammengedrückt. die Samen ohne Hautrand und im Umriß mehr oder weniger dreiseitig.

Von den bis jetzt bekannten 11 Arten waren im Berliner Herbarium zwei Arten: Nigella assyriaca Boiss. und Nigella deserti Boiss. nicht vorhanden; ebenso fehlten einige Formen.

Brand teilt nun die Sektion Eunigella Willk. nach dem Beispiel von Prantl (48, 49) in zwei große Gruppen, und zwar ist das Kriterium hierfür in der Anzahl der Rücken-

nerven bei den Früchten gegeben. Die eine Gruppe enthält diejenigen Arten, deren Früchte nur einen Rückennerv besitzen (carpella ad basim usque uninervia) und die andere solche, bei denen wir deutlich drei Nerven wahrnehmen können (carpella ad basim trinervia). Die Arten mit einem Rückennerv zerfallen wiederum in zwei Gruppen. Die eine besitzt die Arten mit grannenlosen Staubbeuteln (antherae muticae). Dahin gehören Nigella fumariaefolia Ky. und Nigella stellaris Boiss. Der andere umfaßt die Arten mit begrannten Staubbeuteln (antherae apiculatae). Das ist der Fall bei Nigella gallica Jord. mit ihren Variationen und bei Nigella hispanica L. mit der Variation stellaris Boiss.

Chemisch verhalten sich diese beiden Gruppen völlig entgegengesetzt, und zwar erwies sich die erstere als saponinpositiv, die letztere war gänzlich soponinnegativ. Meines Erachtens kommt demnach hier dem morphologischen Merkmal der grannenlosen und begrannten Antheren eine wichtige systematische Bedeutung zu, die durch den chemischen Befund noch gesteigert wird, so daß die Heterogenität klar zu Tage tritt.

Ich halte es daher für gerechtfertigt, diese beiden Gruppen zu zwei Untersektionen der Sektion Eunigella Willk. zu erheben und schlage vor, die Arten mit unbespitzten Antheren als Subsektio Mutica den Arten mit bespitzten Antheren als Subsektio Apiculata gegenüberzustellen. Damit hätte man zugleich noch einem anderen Umstande Rechnung getragen. Es würde nämlich die Sonderstellung, die den Arten Nigella stellaris Boiss. und Nigella fumariaefolia Ky innerhalb der ganzen Sektion eingeräumt werden muß, besser zur Geltung kommen. Denn die Früchte nur dieser beiden Arten sind an den oberen unverwachsenen Teilen samt ihren Griffeln horizontal auseinandergespreizt. Übrigens hat schon Brand selbst insofern hier eine gewisse Unterteilung vorgenommen, als er die Arten mit unbespitzten Antheren, weil sie nur im Orient verbreitet sind, als Spezies orientales

denen mit bespitzten Antheren, weil sie nur im Occident vorkommen, als Spezies occidentales gegenübergestellt.

Wir betrachten nun die Arten mit drei deutlich ausgeprägten Rückennerven an den Früchten. Hier können wir ebenfalls unschwer zwei gut differenzierte Gruppen wahrnehmen. In der einen sind durchweg die Arten mit glatten Kapseln (capsulae laeves), in der anderen die mit höckerigen Kapseln (capsulae tuberculatae) vertreten.

Meine Beobachtungen über die Verteilung des Saponins mögen hier als ein weiterer Beweis für die Richtigkeit dieses Einteilungsprinzipes hinzukommen. So erwiesen sich die Arten mit glatten Kapseln: Nigella segetalis M. B., Nigella segetalis M. B. var. armena Boiss. und Nigella arvensis L. mit ihren Variationen als saponinfrei. Die Arten mit höckerigen Kapseln dagegen zeigten Saponinhämolyse. Ich untersuchte Nigella tuberculata Gris., Nigella Tauberti Brand und Nigella aristata Sibth. (= N. Huthii Brand var. aristata Brand).

Es besteht kein Zweifel, daß diese beiden Gruppen sich stark unterscheiden. Ich möchte sie daher zur besseren Kenntlichmachung ihrer äußeren und inneren Gegensätzlichkeiten in zwei Subsektionen scheiden. Die Arten mit dreinervigen, glatten Früchten möchte ich zur Subsektion Laevis und sämtliche Spezies mit dreinervigen, höckerigen Früchten zur Subsektio Tuberculata erheben. Macht man sich diese Auffassungsweise zu eigen, so werden allerdings die Arten mit glatten Kapseln von denen mit höckerigen merklich geschieden im Gegensatz zu Brand, der gerade Übergänge zwischen den beiden Gruppen zu beobachten glaubt und somit zur Aufstellung von Formenkreisen gelangt, wie z. B. des Formenkreises Nigella tuberculata-arvensis. Das mag wohl für die einstige Wanderung der Arten zur Erklärung herangezogen werden; doch für die augenblicklich bestehenden morphologischen und chemischen Unterschiede der Arten möchte ich an der vorgeschlagenen Einteilung festhalten schon deswegen, weil ich an den unreifen Früchten

von Nigella arvensis L., von der Brand schreibt, daß sie bei der Reife die Höcker oder Wärzchen verliert, derartige Höcker eigentümlicherweise nicht beobachten, sondern mit der Lupe selbst an den jüngsten Stadien nur winzige Körnchen (granula) erkennen konnte.

C. Subgenus Nigellina.

Bei dieser dritten und letzten Untergattung sind die Früchte bis zur Spitze verwachsen und platzen bei der Reife nur an der Außenseite auf. Damit werden auch die Griffel der Länge nach in zwei Teile zerlegt.

Die vier Arten umfassende Untergattung ist in zwei Sektionen geteilt. Die Sektion Git Brand besitzt Blüten ohne Hüllkelch, höckerige Kapseln und fünf einfächerige Früchtchen, die in jedem Fach Samen enthalten. Die einzige Art, Nigella sativa L., mit ihren Variationen erwiesen sich als saponinhaltig.

Die Sektion Erobatos D. C. hingegen besitzt Blüten mit einem Involucrum, die Kapseln sind jedoch hier glatt. Die Früchtchen sind zweifächerig, längsgeteilt, von denen das äußere Fach leer ist und das innere Samen trägt. Hierher gehören die formenreiche Nigella damascena L. und Nigella elata Boiss. Hier konnte ich ebenfalls das Vorkommen von Saponin feststellen. Als dritte Art habe ich Nigella bithynica Azn. in diese Sektion neu aufgenommen. Aznavour (50) stellt sie zur Sektion Nigellaria D. C., die nach Brands Nomenklatur der Sektion Eunigella Willk. entspricht. Würde diese Stellung richtig sein, so müßte Nigella bithynica Azn., da sie kurzbegrannte Antheren besitzt, zur Gruppe der Arten mit begrannten Antheren, also zu der von mir neu aufgestellten Subsektion Apiculata hinzugerechnet werden. Dem steht schon allein der chemische Befund entgegen, denn die Untersektion Apiculata ist saponinfrei, während Nigella bithynica Azn. Saponin enthält. Die Nachprüfung ergab ferner, daß ihre Fruchtblätter bis zur Spitze verwachsen sind, während

sie bei den Arten der erwähnten Untersektion nur bis zur Mitte miteinander verwachsen sind . Sodann ist die Blüte von Nigella bithynica Azn. mit einem Hüllkelch versehen, der den Arten jener Subsektion fehlt. Aus diesen angeführten Tatsachen geht hervor, daß Aznavour hier einen Fehler gemacht hat; denn die Setkion Erobatos D. C. bestand schon ungefähr 73 Jahre, als Aznavour Nigella bithynica beschrieb. Schon im Jahre 1824 hatte De Candolle (51) in seinem „Prodromus" die Sektion Erobatos aufgestellt, deren Arten noch in seinem natürlichen System des Pflanzenreiches (52) bei der Sektion Nigellaria D. C. = Eunigella Willk. aufgeführt waren. Wir haben also bei Nigella bithynica Azn. ein deutliches Beispiel dafür, daß das chemische Verhalten einer Pflanze zur Klärung ihrer verwandtschaftlichen Stellung beitragen kann.

Im großen und ganzen ist die Gliederung der Gattung Nigella recht natürlich. Der überall klar hervortretende Wert der morphologischen Merkmale bei den uns hier besonders interessierenden systematischen Einheiten spiegelt sich in den chemischen Befunden deutlich wieder. Damit wäre also die eingangs aufgeworfene Frage, ob die chemischen Befunde mit den bestehenden morphologischen Merkmalen übereinstimmen und als ein weiterer Beweis für die Verwandtschaft der Arten herangezogen werden dürfen, im positiven Sinne beantwortet.

Es folgt jetzt die Aufzählung der untersuchten Arten in der Einteilung, wie sie sich auf Grund meiner morphologischen und chemischen Untersuchungen herausgestellt hat.

Gattung NIGELLA (Tourn.) L.

A. Untergattung GARIDELLA Tourn.

1. Sektion EUGARIDELLA Brand (= Garidella Spenner)

Nigella Nigellastrum Willk. (= N. garidella Spenner) —
Nigella unguicularis (Lam.) Spenner —

2. Sektion KOMAROFFIA O. Ktz.

Nigella integrifolia Regel +

B. Untergattung MELANTHIUM Brand

1. Sektion NIGELLASTRUM Mch.

Nigella orientalis L. —
Nigella orientalis L. var. microcarpa Brand —
Nigella ciliaris DC. —
Nigella oxypetala Boiss. var. typica Brand —
Nigella oxypetala Boiss. var. tenuifolia Boiss. —
Nigella oxypetala Boiss. var. involucrata Brand —

2. Sektion EUNIGELLA Willk.
(= NIGELLARIA DC.)

a) Carpella ad basim usque uninervia

1. Untersektion MUTICA

Nigella fumariaefolia Ky. +
Nigella stellaris Boiss. +

2. Untersektion APICULATA

Nigella gallica Jord. —
Nigella gallica Jord. var. cossonica Brand —
Nigella gallica Jord. var. algeriensis Brand —
Nigella gallica Jord. var. divaricata Brand —
Nigella hispanica L. —
Nigella hispanica L. var. intermedia Coss. —

b) Carpella ad basim usque trinervia

3. Untersektion LAEVIS

Nigella segetalis M. B. —
Nigella segetalis M. B. var. armena Boiss. —
Nigella arvensis L. —
Nigella arvensis L. var. trachycarpa Borb. —
Nigella arvensis L. var. divaricata Boiss. —

4. Untersektion TUBERCULATA

Nigella tuberculata Gris. +
Nigella Huthii Brand var. aristata Brand –
= Nigella aristata Sibth.
Nigella Tauberti Brand +

C. Untergattung NIGELLINA

1. Sektion GIT Brand

Nigella sativa L. +
Nigella sativa L. var. hispidula Boiss. +

2. Sektion EROBATOS DC.

Nigella damascena L.
Nigella damascena L. var. minor Boiss. +
Nigella damascena L. var. divaricata Brand –
Nigella damascena L. var. africana Brand +
Nigella damascena L. var. coarctata (Gmel.) Willd. +
Nigella damascena L. var. parviflora Brand L
Nigella elata Boiss. +
Nigella bithynica Aznavour +

2. Gattung HELLEBORUS Adans.

Die Gattung Helleborus umfaßt ca. 21 Arten mit Blüten, die weder helmförmig noch gespornt sind. Die Blätter sind meist fußförmig geteilt. Die Honigblätter sind röhrig. Die Samenanlage besitzt ein Integument. Die Fruchtblätter sind frei oder am Grunde verwachsen. Die Gattung ist auf Europa und Asien beschränkt.

Bei meinen Untersuchungen über die Gattung Helleborus habe ich mich hauptsächlich auf die ausführliche Arbeit V. Schiffners (53) gestützt. Schiffner hat sämtliche Helleborus-Arten in zwei Gruppen unterteilt: Hellebori caulescentes und Hellebori acaules. Die erste Gruppe umfaßt die Arten mit deutlicher Stengelbildung, während die Arten der zweiten Gruppe keinen Stengel besitzen. Für die weitere systematische Gliederung der Gattung ist die Gestalt der Samen und ihrer Nabelapophyse neben anderen

morphologischen Unterschieden ein vortreffliches Merkmal. Dieses Merkmal hat wohl Schiffner hauptsächlich bestimmt, um von der Einteilung Spachs (54), der drei Sektionen vorsah, abzugehen und fünf natürliche Sektionen aufzustellen. Von diesen fünf Sektionen entfallen auf die stengelbildenden Arten drei, nämlich: Syncarpus Schiffner, Griphopus Spach und Chenopus Schiffner, während in zwei weiteren Sektionen: Chionorhodon Spach und Euhelleborus Schiffner, die Arten ohne Stengelbildung zusammengefaßt sind.

Die stengelbildenden Arten weisen Unterschiede auf im Alter der Stengel, Form der Samen und ihrer Apophyse und im Grad der Verwachsung der Karpelle. Aus diesen Merkmalen heraus hat Schiffner drei monotypische Sektionen aufgestellt. Die Sektion Syncarpus mit der einzigen Art Helleborus vesicarius Auch. ist charakterisiert durch den einjährigen Stengel, die undeutlich gekielten, kugeligen Samen ohne Apophyse und drei sehr große aufgeblasene, bis zur Hälfte untereinander verwachsene Karpelle. Die Sektion Griphopus mit der einzigen Art Helleborus foetidus L. weicht durch den mehrjährigen Stengel, die Samen mit einer weißen konischen Nabelapophyse, die sich dem Ende zu kielartig zuspitzt, und die nur am Grunde verwachsenen Karpelle ab. Obwohl Schiffner Helleborus vesicarius der Helleborus foetidus am nächsten stehend annahm, fühlte er sich doch verpflichtet, die Pflanzen zu trennen und stellte für Helleborus vesicarius die Sektion Syncarpus auf. Eine Stütze findet diese Trennung nicht nur durch die oben genannten von Schiffner hervorgehobenen morphologischen Unterschiede, sondern auch durch die chemischen Ergebnisse meiner Arbeit, da Helleborus vesicarius saponinfrei ist, während Helleborus foetidus Saponin enthält.

Von der von Spach aufgestellten Sektion Griphopus mit den beiden Arten Helleborus foetidus und Helleborus lividus Ait. hat Schiffner Helleborus lividus in einer neuen Sektion abgetrennt und dieser wegen der Ähnlichkeit der Blätter von

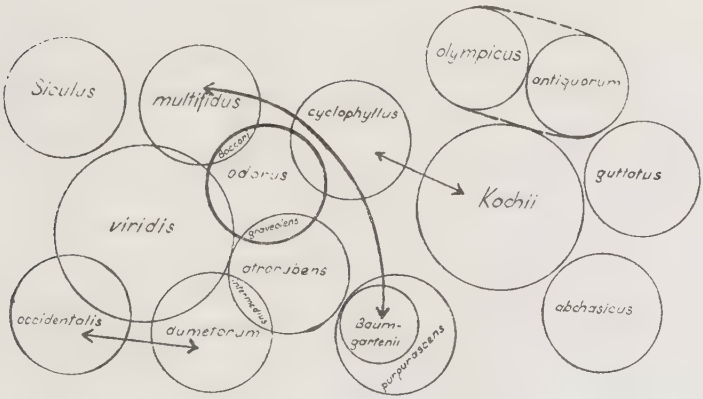
Helleborus corsicus Willd. mit einem Gänsefuß oder dem Fuß eines Tauchers den Namen Chenopus gegeben. Als eigentliche Art dieser Sektion bezeichnet er Helleborus corsicus Willd. und Helleborus lividus Ait. als Unterart. Morphologisch ist diese Trennung begründet durch die Gestalt der Nabelapophyse und durch das Verhalten der Kotyledonen. Bei der Keimung eines Samens von Helleborus foetidus erscheinen die Kotyledonen stets über der Erde, ohne noch in der Testa zu stecken, während bei Helleborus corsicus und Helleborus lividus die Kotyledonen an der Spitze noch in der Testa stecken, wenn sie durch die Streckung des hypokotylen Gliedes, das meist knieförmig gekrümmt ist, über der Erde erscheinen. Die Nabelapophyse hat bei Helleborus foetidus eine konische Gestalt mit kielartiger Zuspitzung, während sie bei Helleborus corsicus und Helleborus lividus zum Scheitel hin nicht in eine Carina verschmälert ist, sondern in ganzer Breite den Samenscheitel noch bogig überragt. Die Trennung des Helleborus foetidus von Helleborus corsicus sowie seiner Unterart Helleborus lividus ist nicht nur morphologisch bedingt, sondern auch durch die chemischen Reaktionen, da Helleborus foetidus saponinhaltig ist, während Helleborus corsicus und Helleborus lividus kein Saponin enthalten.

Die zweite Gruppe, die die Arten ohne Stengel enthält, zerfällt in zwei morphologisch gut geschiedene Sektionen. Die Sektion Chinorhodon Spach mit Helleborus niger L. als einziger Art mit der Unterart Helleborus macranthus Freyn. ist charakterisiert durch ganze, ovale, bleiche, ganzrandige Hochblätter und Samen mit großer blasiger Apophyse. Dagegen weist die Sektion Euhelleborus Arten mit mehrteiligen, laubblattartigen Hochblättern und Samen ohne Apophyse auf. Eine Scheidung auf chemischer Basis findet nicht statt, da die Arten der Sektion Euhelleborus unter sich verschieden reagieren.

Von allen 5 Sektionen der Gattung Helleborus ist Euhelleborus am interessantesten, denn hier haben wir den Fall,

daß positive und negative Arten innerhalb einer Sektion vorkommen. Hinsichtlich der Artenbegrenzung hat die Sektion Schiffner große Schwierigkeiten bereitet, weil sie nach einem von ihm gebrauchten Ausdruck ein Gewirr von kaum zu definierenden Formen, Zwischenformen und Bastarden darstellt, in dem sich nur schwer einige Typen fixieren lassen. Er schlägt hier sogar vor, den Begriff der Spezies fallen zu lassen und nur noch von Formenkreisen zu sprechen, wie es Brand bei der Gattung Nigella ebenfalls getan hat. Um daher sich ein klares Bild von den verwandtschaftlichen Beziehungen der Arten zu machen, wie sie sich Schiffner vorgestellt hat, lasse ich hier seine graphische Darstellung der Sektion Euhelleborus folgen (siehe untenstehend). Nach meinen Untersuchungen weisen die Samen der Arten dieser Sektion weder morphologische noch anatomische Unterschiede auf, und ich konnte daher auf die Samen als Gliederungsmerkmal innerhalb dieser Sektion nicht zurückgreifen.

Schiffners Formenkreise nach seiner „MONOGRAPHIA HELLEBORORUM" für die Sektion EUHELLEBORUS Schiffner.



Die Einreihung einer neuen Art — Helleborus Personnati Masc. — hat mich hauptsächlich bewogen, von der Gruppierung Schiffners etwas abzuweichen und aus Schiffners

drei Formenkreisen vier Untersektionen zu machen. Die Gründe zu meinem Vorgehen werde ich bei der Besprechung der beiden isoliert dastehenden Arten Helleborus cyclophyllus Boiss. und Helleborus Personnati erörtern. Als Gliederungsmerkmal sind hier hervorzuheben die Ausbildung (Konsistenz) der grundständigen Laubblätter. die Verwachsung der Karpelle und nicht unwesentlich die geographischen Verbreitungsgebiete. Zur ersten Untersektion gehören Helleborus Kochii Schiffner, Helleborus abchasicus A. Br.. Helleborus guttatus A. Br. et Sauer, Helleborus antiquorum A. Br. und Helleborus olympicus Lindl. Diese Arten besitzen lederartige Grundblätter und freie, also nicht verwachsene Karpelle. Die Arten lassen sich untereinander durch die Blütenfarbe unterscheiden. Ihr Verbreitungsgebiet ist ausschließlich auf den Orient beschränkt. Chemisch stellen sie ebenfalls eine einheitliche Gruppe dar, denn alle 5 Arten ergaben positive Saponinreaktionen. Eine vermittelnde Stellung zwischen dieser und der Untersektion Viridis nimmt Helleborus cyclophyllus Boiss. ein. Das eine hervorsprießende Grundblatt hat schon eine mehr krautartige Beschaffenheit und überdauert den Winter nicht mehr im Gegensatz zu den orientalischen Arten. Seine Karpelle sind jedoch völlig frei. Eine andere Eigentümlichkeit dieser Art verdient hier noch Erwähnung. Während das Vorkommen der Arten der Kochii-Untersektion auf Kleinasien, Kaukasien, Armenien, Georgien. den bithynischen Olymp beschränkt ist, ist das Vorkommen von Helleborus cyclophyllus nur für die südliche Balkanhalbinsel östlich bis Konstantinopel und südlich in Griechenland verbürgt. Ich habe also aus diesen Gründen Helleborus cyclophyllus von den orientalischen Arten getrennt und in einer eignen Untersektion untergebracht. Diese Art ist also durch die freien Karpelle und den Gehalt an Saponin mit der Kochii-Untersektion eng verbunden und leitet andrerseits durch ihre sommergrünen krautartigen, nicht überwinternden Blätter und ihre geographische Verbreitung zur Viridis-Untersektion über. Zu Helleborus cyclophyllus habe ich die in Schiffners Arbeit

noch nicht aufgeführte Helleborus Personnati Masc. gestellt. Der Autor (55) schreibt über die charakteristischen Merkmale dieser Art: Grundblätter krautig . . . Karpelle 3 oder 4, . . . alle Karpelle wenig am Grunde verwachsen oder sogar (bei den Formen mit drei Karpellen) eins vollständig frei. Mit dieser Beschreibung decken sich auch vollkommen meine Untersuchungen am Herbarmaterial. Über die verwandtschaftlichen Beziehungen der Art zu den anderen Species der Sektion schreibt der Autor, daß dieser Typus einen Übergang darstellt mit zahlreichen Beziehungen zu den verschiedenen Typen der occidentalischen Gruppen und ebenfalls der orientalischen Gruppe der Sektion Euhelleborus, ohne aber sie an eine anschließen zu können. Ob die nicht stetige Verwachsung der Karpelle einen Atavismus darstellt, wie der Autor meint, oder eine Progression, vermag ich ohne weiteres im Rahmen dieser Arbeit nicht zu entscheiden. Auf jeden Fall stellt Helleborus Personnati noch mehr als Helleborus cyclophyllus eine Verbindungsform zwischen der orientalischen Kochii-Untersektion und der occidentalischen Viridis-Untersektion dar mit größerer Annäherung an die Viridis-Untersektion. Der Verwandtschaftskreis der Helleborus viridis umfaßt die Arten: Helleborus viridis L., Helleborus occidentalis Reut., Helleborus dumetorum (Willd.) Kit., Helleborus atrorubens W. K.. Helleborus intermedius Host. und Helleborus purpurascens W. et K. Diese 6 Arten haben krautige nicht überwinternde Grundblätter und Karpelle, die mehr oder weniger bis zur Mitte miteinander verwachsen sind. Bei allen Arten ist Saponin vorhanden. Die Arten sind untereinander und auch mit denen der vorigen und der orientalischen Untersektion verwandt, was ich schon bei Helleborus cyclophyllus erwähnt habe. Morphologisch lassen sich die Arten sehr schwer voneinander trennen, zumal das Prinzip, die Arten nach der Blütenfarbe abzugrenzen, hier gänzlich versagt.

Eng verwandt mit der Viridis-Untersektion ist auch die Odorus-Untersektion, die zugleich auch Bindeglied zwischen

der Kochii- und der Viridis-Untersektion nach der Ansicht Schiffners ist. Charakterisiert sind die Arten dieser Untersektion: Helleborus odorus Kit., Helleborus multifidus Vis., Helleborus siculus Schiffner und Helleborus graveolens Host. durch verwachsene Karpelle und lederige oder fast lederige überwinternde Grundblätter. Von der Viridis-Untersektion trennt die Odorus-Arten morphologisch die Konsistenz der Blätter und das Überwintern derselben, von der Kochii-Untersektion die Verwachsung der Karpelle. Diese morphologischen und physiologischen Unterschiede kommen auch in der chemischen Reaktion zum Ausdruck, da die Odorus-Arten kein Saponin enthalten, während alle übrigen Arten der Sektion Euhelleborus saponinhaltig sind.

Die morphologischen und chemischen Ergebnisse meiner Untersuchungen sind in der folgenden Tabelle zusammengefaßt. Die darauf folgende graphische Darstellung gibt, als Vergleich zu Schiffners Zeichnung, zugleich die geographische Verbreitung und ein mutmaßliches Bild der hier recht komplizierten verwandtschaftlichen Beziehungen zwischen den Arten der Sektion Euhelleborus wieder.

Genus HELLEBORUS Adans.

A. HELLEBORI caulescentes

Sect. 1. SYNCARPUS Schiffner

Helleborus vesicarius Auch. —

Sect. 2. GRIPHOPUS Spach

Helleborus foetidus L. +

Sect. 3. CHENOPUS Schiffner

Helleborus corsicus Willd. —

Helleborus lividus Ait. —

B. HELLEBORI acaules

Sect. 4. CHIONORHODON Spach

Helleborus niger L. +

Helleborus macranthus Freyn. +

Sect. 5. EUHELLEBORUS Schiffner

1. Subsect. KOCHII

Helleborus Kochii Schiffner
= H. orientalis Lam. +

Helleborus abchasicus A. Br. +
Helleborus guttatus A. B. et Sauer +
Helleborus antiquorum A. Br. +
Helleborus olympicus Lindl. +

2. Subsect. TRANSITIO

Helleborus cyclophyllus Boiss. +
Helleborus Personnati Masclef +

3. Subsect. VIRIDIS

Helleborus viridis L. +
Helleborus viridis L. var. laxus (Host.) Schiff. +
Helleborus viridis L. var. pallidior (Mihi) Schiff. +
Helleborus occidentalis Reut. +
Helleborus dumetorum (Willd.) Kit. +
Helleborus atrorubens W. K. +
Helleborus intermedius Host. +
Helleborus purpurascens W. K. +
Helleborus purpurascens W. K. var. Baumgartenii (Kovats) Schiff. +

4. Subsect. ODORUS

Helleborus odorus Kit. —
Helleborus odorus Kit. var. istriacus (Mihi) Schiff. —
Helleborus multifidus Vis. —
Helleborus multifidus Vis. var. Bocconi (Ten.) Schiff. —
Helleborus siculus Schiffner —
Helleborus graveolens Host. —

Die geographische Verbreitung der Sektion EUHELLEBORUS Schiffner und die mutmaßliche Verwandtschaft ihrer Arten.

3. Gattung ACONITUM (Tourn.) L.

Diese Gattung ist charakterisiert durch die helmförmigen, aber zum Unterschiede von Delphinium nicht gespornten Blüten. Die Samenanlage besitzt zwei Integumente. Der unterirdische Teil ist eine Knolle oder seltener ein Rhizom. Die Karpelle sind stets frei. Die zwei Honigblätter sind gestielt und gespornt. Die Gattung hat ein sehr großes Verbreitungsgebiet (Europa, Asien, Afrika, Amerika).

Der Gattung Aconitum haben schon viele Botaniker ihr Interesse zugewandt. Leider muß man eingestehen, daß die aufgewendete Mühe nicht im Verhältnis zum Erfolg steht. Außerdem ist durch die häufige Bearbeitung eine derartige Verwirrung in der Synonymik dieser Gattung entstanden, so daß es äußerst schwierig ist, sich durch die gewaltige Zahl von Namen zurecht zu finden.

Über den Wert der Bearbeitungen ist zu sagen, daß die Arbeiten von De Candolle (51, 52), Reichenbach (56—59) und C. A. Meyer (60) reichlich alt sind, während die neueren Arbeiten meistens nur einzelne Florengebiete oder Kontinente behandeln oder nur eine Aufzählung der Arten darstellen wie die von Richter (61) und somit unvollständig sind. Aus diesen Gründen habe ich mich auf die Arbeit von Rapaics (62), die als die modernste und die meisten Arten umfassende anzusehen ist, gestützt unter Heranziehung der älteren Autoren wie De Candolle, Reichenbach und C. A. Meyer sowie der jüngeren Bearbeiter wie Prantl (48, 49), Stapf (63) und Gayer (64). Bei meinen morphologischen und chemischen Untersuchungen haben sich einige Änderungen von der Systematik Rapaics ergeben, die ich ausführlich begründen werde.

Schon bei kürzerem Betrachten der Aconitum-Arten fallen 5 Arten auf, um die sich die meisten anderen Arten zwanglos gruppieren lassen. Diese 5 Arten sind: Aconitum gymnandrum Maxim. mit 8 -12 Karpellen, im Gegensatz zu allen anderen Arten, die nur 3—7 Karpelle besitzen, Aconi-

tum napellus L., Aconitum cammarum L. und Aconitum anthora L., die eine Knolle als unterirdischen Teil besitzen, und Aconitum lycoctonum L. mit einem Rhizom und einem sehr hohen röhrenförmigen Helm. Auch De Candolle und Reichenbach haben in ihren systematischen Bearbeitungen der Gattung die Arten Aconitum anthora und Aconitum lycoctonum als besonders vom Normaltypus abweichend erkannt und dementsprechend diese Arten in eigenen Sektionen isoliert und als Übergänge zu anderen Gattungen bewertet. Daher faßte Reichenbach die Anthora-Arten unter der Bezeichnung „Aconita helleborina" zusammen, während er die Lycoctonum-Arten als „Aconita delphinastrina" bezeichnete. Die Napellus- und Cammarum-Arten vereinigte er in mehreren Sektionen unter dem Namen „Aconita genuina". Von den nachfolgenden Bearbeitern haben besonders C. A. Meyer, Prantl und Gayer sich an diese Einteilungsprinzipien gehalten, während Stapf und Rapaics mehr anatomische als morphologische Unterschiede ihren Gliederungen zu Grunde gelegt haben. Es muß aber betont werden, daß die Ergebnisse aller dieser verschiedenen Methoden im wesentlichen die gleichen sind.

Die Einteilung der Gattung Aconitum nach den Forschungen von Rapaics, der sich vielfach auf die Arbeiten von Stapf (63) und Goris (65) stützt, sieht drei Untergattungen vor: Gymnaconitum, Tuberaconitum und Paraconitum.

A. Gymnaconitum (Stapf) RAPCS.

Die Untergattung Gymnaconitum enthält nur eine Art, Aconitum gymnandrum Maxim. Die Art ist einjährig und besitzt 8—12 Karpelle und eine Knolle. Durch die hohe Zahl der Karpelle weicht Aconitum gymnandrum von den Arten der beiden anderen Untergattungen sehr ab, da diese nur 3—7 Karpelle besitzen. Durch den Besitz einer Knolle hebt sich diese Art von den Spezies der Untergattung Paraconitum ab, die ein Rhizom als unterirdischen Teil aufweisen. Aus diesen abweichenden Merkmalen hat wohl Stapf das

Recht abgeleitet, diese Art in einer besonderen Sektion zu isolieren. Rapaics hat später die Sektion zur Untergattung erhoben. Da ich keinen Grund hatte, an dieser Stellung etwas zu ändern, bin ich der Auffassung von Stapf und Rapaics hierin vollkommen gefolgt. Die abgegrenzte Stellung von Aconitum gymnandrum ist nicht nur morphologisch begründet, sondern wird auch durch die chemische Untersuchung bestätigt, da Aconitum gymnandrum saponinhaltig ist, während alle Arten der Untergattung Paraconitum saponinfrei sind.

B. Paraconitum Rapaics.

Die Arten der Untergattung Paraconitum unterscheiden sich von allen übrigen Aconitum-Arten durch ihren rhizomartigen unterirdischen Teil. Die meisten Arten dieser Untergattung sind dieselben, die De Candolle und Reichenbach bei ihrer systematischen Gliederung der Gattung Aconitum in der Sektion Lycoctonum D C. zusammengefaßt haben. Alle Arten besitzen 3 Karpelle und weisen nicht nur morphologisch und anatomisch den gleichen Bau ihres unterirdischen und oberirdischen Teiles, sondern auch chemisch den gleichen Befund auf, da alle saponinfrei sind. Rapaics hat diese Untergattung in zwei Sektionen geteilt und in der Sektion Lycoctonum D C. die Arten mit einem sehr hohen röhrenförmigen Helm zusammengefaßt. während er in der Sektion Galeata Aconitum moschatum Stapf wegen ihres halbkugeligen Helmes isoliert hat. Chemisch weisen die beiden Sektionen keinen Unterschied auf. Die Untergattung Paraconitum ist also eine sehr gleichförmige und von den übrigen Aconitum-Arten gut abgegrenzte Gruppe.

C. Tuberaconitum Rapaics.

Weniger einheitlich in sich ist die Untergattung Tuberaconitum sowohl in morphologischer als auch in chemischer Hinsicht. Besonders charakteristische Unterschiede innerhalb dieser Untergattung sind die Form der Samen, das Verhalten

des Perigons bei der Reife der Früchte, die Form der Nektarien und die Behaarung der Karpelle und Filamente. Ich habe wegen dieser zahlreichen und guten Unterschiede dieser Untergattung bei meinen Untersuchungen ein ganz besonderes Interesse entgegengebracht.

Die Untergattung Tuberaconitum umfaßt alle Arten mit zweijähriger Knolle und enthält die Arten, die Reichenbach als Aconita genuina und C. A. Meyer als Euaconitum bezeichnete. Die Anzahl der Karpelle ist unbeständig; man kann daher dieses Merkmal zur systematischen Gliederung nicht verwenden. Die Arten dieser Untergattung weisen aber mehrere andere morphologische und physiologische Unterschiede auf, die zur Einteilung in Sektionen und Untersektionen durchaus brauchbar sind.

Rapaics hat die Untergattung Tuberaconitum in drei Sektionen geteilt: Euaconitum C. A. Meyer, Americana und Bisma und hat hat diese Einteilung mit der Anordnung des Kambiums der Knolle begründet. Die Arten der Sektion Euaconitum haben einen zusammenhängenden Kambiumring in der Knolle, während das Kambium der Knollen bei den Arten der Sektion Americana stark gewellt ist und die Anhäufungen zu besonderen Kambiumringchen abgeschnürt sind. Bei den Arten der Sektion Bisma weisen die Knollen dagegen mehrere, gewöhnlich 4 Kambiumringchen auf.

Der für die zweite Sektion der Untergattung Tuberaconitum von Rapaics gewählte Name Americana ist wenig charakteristisch, da nur eine amerikanische Art in dieser Sektion steht, während alle übrigen amerikanischen Arten in anderen Sektionen untergebracht sind. Die hier stehende Aconitum uncinatum L. habe ich nach meinen morphologischen und chemischen Untersuchungen wieder zu der Sektion Cammarum gestellt, wo sie schon De Candolle und Reichenbach aufgeführt haben. Damit fiel auch die Sektionsbezeichnung Americana.

Rapaics ist an seine Bearbeitung der Gattung Aconitum mit der Tendenz herangegangen, möglichst viele Arten aufzu-

heben und zu Varietäten zu machen und somit einfachere und klarere Verhältnisse zu schaffen. So sehr diese Absicht zu begrüßen ist, so darf sie doch nicht Arten in einer Sektion zusammenfassen, die mehr trennende als bindende Merkmale miteinander aufweisen. Ich bin daher der Einteilung Rapaics' nicht vollkommen gefolgt, sondern habe noch folgende Merkmale, die schon teilweise Reichenbach und Prantl hervorgehoben haben, bei der Gliederung der Untergattung Tuberaconitum berücksichtigt: Die Gestalt der Samen und Nektarien, die Stellung der Karpelle, das Verhalten des Perigons bei der Reife der Früchte, die Behaarung der Filamente und Karpelle und die Teilung der Blätter. Aus diesen Merkmalen und meinen Untersuchungen heraus habe ich die Untergattung Tuberaconitum in sechs Sektionen geteilt, die sich morphologisch und chemisch gut gegeneinander abgrenzen. Die Sektionsbezeichnungen stammen von De Candolle, Reichenbach und Rapaics.

Zunächst ist hier die sehr isoliert stehende Sektion Anthora DC. zu behandeln. Das Perigon von Aconitum anthora L., seinen Unterarten und von Aconitum naviculare Stapf harrt bei der Reife der Früchte aus, während es bei allen anderen Aconitum-Arten hinfällig ist. Rapaics hatte beide Arten in die Untersektion Anthora (DC.) Rpcs. seiner Sektion Bisma eingereiht. Wegen des abweichenden Verhaltens des Perigons habe ich den beiden Arten wieder die selbständige Stellung eingeräumt, die Aconitum anthora L. schon bei De Candolle und Reichenbach innegehabt hat, und habe die Sektion Anthora DC. wiederhergestellt. Nach den chemischen Ergebnissen sind die beiden Arten Aconitum anthora L. (sowie seine Varietäten) und Aconitum naviculare Stapf saponinfrei.

An die Sektion Anthora DC. habe ich in der Sektion Calliparia Rchb. die Arten angeschlossen, die Rapaics in der Untersektion Anthora (DC.) Rpcs. seiner Sektion Bisma mit Aconitum anthora L. und Aconitum naviculare Stapf vereinigt hatte. Die Arten der Sektion Galliparia

Rchb. zeichnen sich aus zum Unterschiede von der Sektion Anthora DC. durch ein hinfälliges Perigon und von den folgenden Sektionen durch kleine Nektarien mit fast ganzrandiger Lippe. Die Arten dieser Sektion sind in ihren chemischen Reaktionen nicht einheitlich. Ein Teil von ihnen enthält Saponin, während die anderen saponinfrei sind. Im Vorkommen und Fehlen der Flügel am Samen der Arten der Calliparia-Sektion habe ich ein Merkmal gefunden, das eine Unterteilung der Sektion in zwei Untersektionen gestattet. Es hat sich dabei herausgestellt, daß die Arten mit geflügelten Samen — Untersektion Alata — Saponin enthalten, während die Arten mit flügellosen, quer beschuppten Samen (transversim squamosa) — Untersektion Squamosa — saponinfrei sind. Die Sektion Calliparia Rchb. bestätigt also im vollen Umfange die Annahme, daß die morphologischen Unterschiede durch chemische Untersuchungen eine Stütze erfahren.

Die drei folgenden Sektionen: Napellus DC., Cammarum DC. und Palmata Rpcs. waren bei Rapaics nur Untersektionen von der Sektion Euaconitum C. A. Meyer. Ich habe diese Sektion aufgehoben und die Untersektionen zu Sektionen erhoben, um weitere Gliederungsmöglichkeiten, die sich aus den morphologischen und chemischen Untersuchungen der Arten dieser drei Sektionen zwangsläufig ergaben, zu haben. Außerdem ist hier darauf hinzuweisen, daß die Sektionen Napellus und Cammarum schon bei De Candolle und Reichenbach Sektionen gewesen sind und erst von Rapaics zu Untersektionen gemacht worden sind. Gemeinsam haben die Arten dieser drei Sektionen: die großen Nektarien, deren Lippe gespalten ist, und das bei der Reife der Früchte abfallende Perigon. Es gilt nun zunächst, die Unterschiede zwischen diesen drei Sektionen zu charakterisieren und diese voneinander abzugrenzen. Die Spezies der Sektion Napellus haben durchweg geflügelte Samen, die Karpelle spreizen auseinander. Die Arten der Sektion Cammarum DC. besitzen dagegen flügellose Samen und zusammenstehende

Karpelle; die Blätter sind bei ihnen gefiedert. Die Sektion Palmata Rapaics enthält Arten mit ungeflügelten Samen, mit zusammenstehenden Karpellen und mit handförmig geteilten Blättern. Die Sektionen sind also morphologisch gut voneinander zu unterscheiden.

Innerhalb der Sektion Napellus weist der Flügel der Samen und die Behaarung der Filamente Unterschiede auf, die zu einer weiteren Unterteilung dienen können. Rapaics hat seine Untersektion Napellus nicht mehr unterteilt. Die verschiedenartige Ausbildung des Samenflügels und die Behaarung der Filamente hat mich aber veranlaßt, eine weitere Gliederung vorzunehmen. In der ersten Untersektion, die ich Pilosa genannt habe, habe ich die Arten zusammengefaßt, deren Samenflügel glatt und netzförmig geadert sind und deren Filamente behaart sind. Die hierher gehörenden Arten sind saponinhaltig. Die zweite Untersektion, die ich Glabra genannt habe, enthält die Arten, deren Samenflügel wellig und streifenförmig geadert sind und deren Filamente kahl sind. Die hierher gestellten Arten erwiesen sich bei der chemischen Untersuchung als saponinfrei. Es hat sich also bei der Bearbeitung der Sektion Napellus herausgestellt, daß die auf Grund morphologischer Merkmale aufgestellte Systematik auch durch den Nachweis von Saponin eine Begründung erhält.

An die Sektion Napellus habe ich als Übergang zur Sektion Cammarum die schon von Reichenbach aufgestellte Sektion Corythaeola angeschlossen. Die hierher gehörende Art Aconitum pyramidale Mill. und ihre Varietäten sind von allen übrigen Aconitum-Arten durch ihre pyramidenförmigen, geflügelten Samen und die mit den Spitzen zusammenneigenden Karpelle ausgezeichnet. Wegen dieser morphologischen Eigentümlichkeit habe ich die Sektion Corythaeola Rchb. wiederaufgestellt. Aconitum pyramidale Mill. und seine Varietäten enthalten kein Saponin.

Die Arten der Sektion Cammarum DC. besitzen, wie ich schon oben ausgeführt habe, flügellose Samen und gefie-

derte Blätter. Die Samen sind dagegen mit zahlreichen Querreihen ausgestattet, die aus Schuppen bestehen. Rapaics hat auch hier auf eine weitere Unterteilung verzichtet. In der Behaarung der Karpelle habe ich ein Merkmal gefunden, das eine weitere systematische Gliederung gestattet. In der ersten Untersektion, die ich Hirsuta nenne, habe ich die Arten mit dicht rauhhaarigen Karpellen zusammengefaßt. Bei allen diesen Arten fiel die Probe auf Saponin positiv aus. In die zweite Untersektion, die ich Glabra oder Puberula nenne, habe ich die Spezies eingereiht, deren Karpelle kahl oder kurz flaumhaarig sind. Diese Arten enthalten kein Saponin. Die Sektion Cammarum mit ihren beiden Untersektionen ist somit ein weiterer Beweis für die Richtigkeit der Annahme, daß die nach morphologischen Grundsätzen aufgestellten Gliederungen sich auch im Vorkommen und Fehlen von chemischen Inhaltsstoffen, in unserem Falle Saponin, zu erkennen geben.

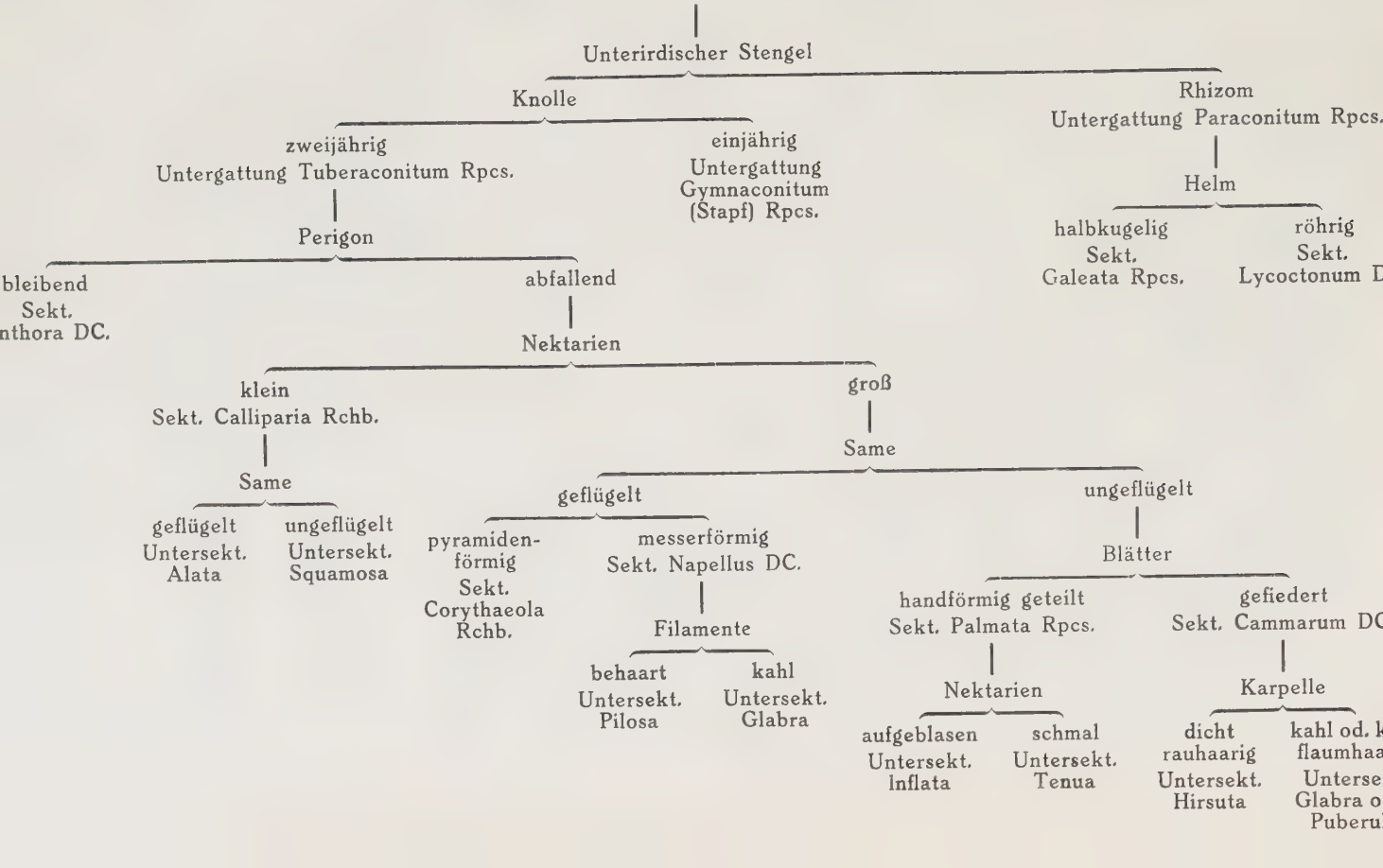
Die Merkmale der Sektion P a l m a t a Rapaics habe ich schon hervorgehoben. Auch diese Sektion ist morphologisch und chemisch nicht einheitlich. Zu der Unterteilung dieser Sektion habe ich auf die schon von Reichenbach und Prantl aufgeführte Gestaltung der Nektarien zurückgegriffen. Einige Arten besitzen aufgeblasene Nektarien, andere dagegen weisen schmale Nektarien auf. Es hat sich nun bei den Untersuchungen herausgestellt, daß die Arten, deren Nektarien aufgeblasen sind und die von Reichenbach und Prantl in der Sektion Euchylodea Rchb. zusammengefaßt worden sind, saponinhaltig sind, während die Arten, deren Nektarien schmal sind, saponinfrei sind. Rapaics hat auf die Heranziehung dieses Merkmals bei seiner Aufstellung der Untersektion Palmata verzichtet; aber ich habe diese Sektion in zwei Untersektionen geteilt und die erste Inflata und die zweite Tenua genannt. Diese weitere Gliederung der Sektion Palmata auf Grund eines morphologischen Merkmals wie der Gestaltung der Nektarien unter Stützung durch die chemi-

schen Ergebnisse ist eine Bestätigung der Auffassung, daß die Verwandtschaft von Arten sich nicht nur in morphologischen oder anatomischen Merkmalen, sondern auch in den chemischen Inhaltsstoffen ausdrückt.

Um die Gliederung der Gattung Aconitum übersichtlicher darzustellen, habe ich den folgenden analytischen Schlüssel aufgestellt.

In der darauf folgenden Tabelle habe ich die systematische Gliederung der Gattung Aconitum aufgeführt, wie sie sich nach meinen morphologischen und chemischen Untersuchungen ergeben hat.

Gattung ACONITUM (Tourn.) L.



Gattung ACONITUM (Tourn.) L.

A. Untergattung PARACONITUN Rapcs.

1. Sektion LYCOCTONUM DC.

Aconitum lycoctonum var. thelyphonum (Rchb.) Koch —
Aconitum lycoctonum var. Baumgartenianum (Simonk.) Gürke —
Aconitum ranunculifolium (Rchb.) Gürke —
Aconitum orientale Mill.
var. ochroleucum (Willd.) Rapcs. —
Aconitum orientale Mill.
var. ponticum Rapcs. —
Aconitum septentrionale Koelle —
Aconitum moldavicum Hacq. —
Aconitum moldavicum Hacq. var. carpathicum Rapcs. —
Aconitum moldavicum Hacq. var. thyraicum (Blocki) Rapcs. —
Aconitum pyrenaicum Lam. —
Aconitum pyrenaicum Lam. var. neapolitanum Tenore —
Aconitum Hosteanum chur. —
Aconitum barbatum Patr. —
Aconitum barbatum Patr. var. dessectum (Tausch) Rapcs. —
Aconitum barbatum Patr. var. leptanthum (Rchb.) Rapcs. —
Aconitum pallidum Rchb. —
Aconitum luridum Hook. fil. & Thoms. —
Aconitum scaposum Franchet —
Aconitum scaposum Franchet var. vaginatum (E. Pritzel) Rapcs. —
Aconitum scaposum Franchet var. efoliatum Rapcs. —
Aconitum scaposum Franchet var. hupehanum Rapcs. —
Aconitum scaposum Franchet var. pseudo-vaginatum Rapcs. —
Aconitum laeve Royle —
Aconitum Lòczyanum Rapcs. —

2. Sektion GALEATA Rapcs.

Aconitum moschatum (Brühl) Stapf —

B. Untergattung GYMNACONITUM (Stapf) Rapcs.

Aconitum gymnandrum Maxim. +

C. Untergattung TUBERACONITUM Rapcs.

1. Sektion ANTHORA DC.

Aconitum anthora L. —
Aconitum anthora L. var. confertiflorum DC. —
Aconitum anthora L. var. coeruleum Blocki —
Aconitum anthora L. var. gilvum Maxim. —
Aconitum anthora L. var. anthoroideum (Rchb.) Rgl. —
Aconitum naviculare Stapf —

2. Sektion: CALLIPARIA Rchb.

1. Untersektion: ALATA.

Aconitum Hookeri Stapf +
Aconitum heterophyllum Wall. +
Aconitum rotundifolium Kar. et Kir. var. tanguticum Maxim. +
Aconitum rotundifolium Kar. et Kir. var. macrobotrys Rapcs. +

2. Untersektion: SQUAMOSA.

Aconitum biflorum Fischer —
Aconitum delphinifolium DC. —
Aconitum bisma (Hamilt.) Rapcs. = Aconitum palmatum D. Don. —

3. Sektion: NAPELLUS DC.

1. Untersektion: PILOSA.

Aconitum napellus L. var. multifidum Koch +
Aconitum napellus L. var. Hoppeanum (Rchb.) Sér. +

Aconitum napellus L. var. tauricum (Wulf) Sér. –
Aconitum napellus L. var. eminens Koch +
Aconitum napellus L. var. Lobelianum Rchb.
Aconitum napellus L. var. speciosum Fritsch +
Aconitum napellus L. var. luxurians Rchb. +
Aconitum napellus L. var. turkestanicum B. Fritsch +
Aconitum violaceum Jacq. –

2. Untersektion: GLABRA.

Aconitum chasmanthum Stapf var. nudum Rapcs. –
Aconitum chasmanthum Stapf var. crispo-pubescens Rapcs. –
Aconitum ambiguum Rchb. –

4. Sektion: CORYTHAEOLA Rchb.

Aconitum pyramidale Mill. –
Aconitum pyramidale Mill. var. palmatifidum (Rchb.) Koch –
Aconitum pyramidale Mill. var. exaltatum (Bernh.) Koch –
Aconitum pyramidale Mill. var. bicolor Rchb. –
Aconitum pyramidale Mill. var. Haynii Hort Berol. –

5. Sektion: PALMATA Rapcs.

1. Untersektion: INFLATA.

Aconitum japonicum Thunb. var. Thunbergii Rapcs. +
Aconitum japonicum Thunb. var. Fischeri (Rchb.) Rapcs. +
Aconitum maximum Pall. var. kamtschaticum (Willd.) Rapcs. +
Aconitum Sczukini Turcz. = Aconitum racemulosum Franchet +
Aconitum Sczukini Turcz. var. pauciflorum Rapcs. +
Aconitum Sczukini Turcz. var. Hemsleyanum (E. Pritzel) Rapcs. +

2. Untersektion: TENUA.

Aconitum ferox Wall. —
Aconitum spicatum (Brühl) Stapf —
Aconitum oregonense Rafin. —

6. Sektion: CAMMARUM DC.

1. Untersektion: HIRSUTA.

Aconitum Delavayi Franchet +
Aconitum Henryi E. Pritz.
= Aconitum cannabifolium Franchet +
Aconitum jaluense Komarov +
Aconitum koreanum (Léveillé) Rapcs. +
Aconitum volubile Pall. +
Aconitum volubile Pall. var. Raddeanum (Rgl.) Rapcs. +

2. Untersektion: GLABRA oder PUBERULA.

Aconitum Winkleri Rapcs. —
Aconitum nasutum Fischer —
Aconitum variegatum L. var. cammarum (L.) Koch —
Aconitum variegatum L. var. judenbergense (Rch.) Gürke —
Aconitum variegatum L. var. nasutum
(Fisch.) Winn. et Girab. —
Aconitum variegatum L. var. macrantum
(Rchb.) Winn. et Girab. —
Aconitum variegatum L. var. leucanthum (Rchb.) —
Aconitum macrorhynchum Turcz. var. tenuifolium
(Turcz.) Rapcs. —
Aconitum Kusnezoffii Rchb. var. gibbiferum (Rchb.) Rgl. —
Aconitum paniculatum Lam. var. genuinum Decommon —
Aconitum paniculatum Lam. var. Matthioli
(Rchb.) Rapcs. —
Aconitum uncinatum L. —

4. Gattung PAEONIA (Tourn.) L.

Die Blüten der Paeonia-Arten stehen fast stets einzeln, sind sehr groß, aber weder gespornt noch helmartig, auch be-

sitzen sie keine Honigblätter. Die Anzahl der Karpelle beträgt 2—5. Die Samen sind mit einem großen äußeren Integument versehen, welche das innere bei weitem überragt.

Die Gattung Paeonia wurde ausführlich von Anderson (66) und Huth (67) bearbeitet. Die Arbeit Huths. auf die ich mich bei meinen Untersuchungen bezogen habe. sieht zwei Sektionen vor. Die erste Sektion umfaßt die Arten. deren Petalen viel länger als der Kelch sind, und die in der alten Welt beheimatet sind; dagegen enthält die zweite Sektion die Arten mit kleinen Blüten. deren Petalen kaum länger als der Kelch sind und die nur in Amerika zu finden sind. Bei meinen chemischen Untersuchungen hat sich herausgestellt, daß die Arten der ersten Sektion saponinhaltig sind, während die Arten der zweiten Sektion saponinfrei sind.

Die beiden morphologisch und geographisch gut abgegrenzten Sektionen der Gattung Paeonia bestätigen also durch die chemischen Befunde die Annahme. daß die Verwandtschaft von Arten sich nicht nur durch morphologische Merkmale, sondern auch durch das Vorkommen oder Fehlen von chemischen Inhaltsstoffen ausdrückt.

Gattung PAEONIA.

1. Sektion: PALAEARCTICAE.

1. Untersektion: HERBACEAE.

Paeonia albiflora Pallas	+
Paeonia albiflora Pallas var. trichocarpa Bunge	+
Paeonia Wittmanniana Lindl.	+
Paeonia obovata Maxim.	+
Paeonia coriacea Boiss.	+
Paeonia corallina Retz.	+
Paeonia corallina Retz. var. Broteri Boiss. et Reut.	+
Paeonia anomale L. var. typica Huth	+
Paeonia decora Anders.	+
Paeonia peregrina Mill. var. officinalis Retz.	+

Paeonia tenuifolia L. +
Paeonia tenuifolia L. var. parviflora Huth +
Paeonia lutea Delavay +

2. Untersektion: FRUTICOSAE.

Paeonia Moutan Ait. +
Paeonia Delavay Franchet +

2. Sektion: NEARCTICAE.

Paeonia Brownii Dougl. —
Paeonia californica Nutt. —

C. Zusammenfassung.

Meine morphologischen und chemischen Untersuchungen über die Tribus Helleboreae, Paeonieae und Hydrastideae sind eine weitere Stütze für die Auffassung, daß die Verwandtschaft von Arten sich nicht nur in morphologischen und anatomischen Merkmalen, sondern auch in den chemischen Inhaltsstoffen der Pflanzen widerspiegelt.

Bei der Gattung Nigella konnte ich innerhalb der Sektion Eunigella vier neue Untersektionen aufstellen, die morphologisch und auch chemisch wohl begründet sind. Auch die Umstellung einer Art — Nigella bithynica Azn. — erwies sich als notwendig und wurde hinreichend begründet. Im übrigen ließ sich die von Brand aufgestellte Systematik voll und ganz aufrecht erhalten.

Die systematische Gliederung der Gattung Helleborus, wie sie Schiffner in seiner Monographie aufgestellt hat, ließ sich unter Berücksichtigung der chemischen Befunde vollauf bestätigen. Unter Herausarbeitung morphologischer Merkmale konnte ich in der Sektion Euhelleborus vier Untersektionen aufstellen, die auch durch die chemischen Untersuchungen begründet sind.

Bei der Gattung Aconitum waren einige Änderungen durchzuführen, die morphologisch und chemisch begründet wurden. Durch stärkere Bewertung morphologischer Merkmale wurden einige neue Sektionen wie Calliparia Rchb. und Corythaeola Rchb. notwendig, die früher schon bestanden hatten, die von Rapaics aber aufgehoben worden waren. Die Sektion Americana Rpcs. wurde aufgehoben, und mehrere Sektionen wurden in Untersektionen geteilt, was in der Arbeit ausführlich begründet wurde. Die Ergebnisse meiner morphologischen und chemischen Untersuchungen bestätigen auch bei der Gattung Aconitum die Ansicht, daß die Verwandtschaft von Arten sich nicht nur durch ihre morphologischen und anatomischen Eigenschaften, sondern auch durch das gleichmäßige Vorkommen oder Fehlen von chemischen Inhaltsstoffen bei diesen Arten zu erkennen gibt.

Die von Huth aufgestellte Systematik für die Gattung Paeonia, die zwei Sektionen vorsieht, wurde durch die chemischen Untersuchungen bestätigt.

D. Literaturverzeichnis.

1. Winterstein u. Trier: Monographie der Alkaloide, 1910.
2. Dekker: Botan.-Chem. Monographie der Gerbstoffe, 1908.
3. Schaer: Verzeichnis von Saponinpflanzen, 1901.
4. Schär: Über die Verbreitung chemischer Verbindungen in der Pflanzenwelt. Schweiz. Wochenschrift für Pharmazie 1888.
5. De Candolle: Essai sur les propriétés médicales des plantes comparées avec leurs formes extérieurs et leur classification naturelle. Paris 1804. Ed. II. Paris 1816. Zit. n. l.
6. Münkner: Vorkommen und Fehlen des Emodins bei den Arten der Gattung Aloe. Diss. 1928.
7. Heppeler, F.: Beiträge zur Systematik der Gattung Rhamnus mit besonderer Berücksichtigung des Emodinvorkommens. Diss. 1924.
8. Jaretzky, R.: Beiträge zur Systematik der Polygonaceen unter Berücksichtigung des Oxymethylanthrachinon-Vorkommens. Feddes Repertorium, 22, 1925/26.
9. Heinemann, H.: Die Beziehungen des Emodins zur Systematik der Gattung Cassia. Diss. 1924.
10. Schneider, G.: Über die Berücksichtigung des Saponins für die Pflanzensystematik innerhalb des Ranunculaceentribus der Anemoneae. Diss. 1931.
11. Kassau, E.: Beiträge zur Systematik einiger Polygalaceen-Gattungen unter Berücksichtigung des Vorkommens von Saponin. Diss. 1931.
12. Kröning, W.: Die Beziehungen zwischen der Verteilung des Saponins und den systematischen Einheiten bei der Gattung Anthurium. Diss. 1931.
13. Zumbruch, H. J.: Über die Bedeutung des Saponins für die systematische Gliederung der Zygophyllaceen-Gattungen. Diss. 1931.
14. Schmidt, O.: Über das Vorkommen von Saponin bei den Theaceen und seine Bedeutung für die Systematik der Familie. Diss 1932.
15. Quint, W.: Beitrag zur Systematik der Gattung Saxifraga auf Grund von Saponinuntersuchungen. Diss. 1932.
16. Müller, K.: Über die Bedeutung des Saponins für die systematische Stellung der Araliaceen-Gattungen. Diss. 1932.
17. Banzer, G.: Beiträge zur Systematik der Gattung Pedicularis unter Berücksichtigung des Vorkommens von Saponin. Diss. 1932.
18. Pöckel, K.: Über das Vorkommen von Saponin bei den Menispermaceen in Bezug auf ihre Systematik. Diss 1933.
19. Ullrich, H.: Über die Beziehungen zwischen Saponin und Systematik bei der Ranunculaceengattung Delphinium. Diss. 1932.

20. Ferchl: Zur Entstehung des Begriffs Saponin, Arch. der Pharmazie April 1929, 290.
21. Gmelin: Handbuch der theoretischen Chemie, 1819.
22. Bussy: Ann. Pharmaz. 7, 168.
23. Flückiger: Arch. d. Pharmaz. 1877, 210.
24. Kobert, R.: Beiträge zur Kenntnis der Saponinpflanzen 1904.
25. Kofler, L.: Die Saponine, 1927.
26. Holste, A.: Archiv f. exper. Pathologie u. Pharmacologie 68, 323 (1912).
27. Schmiedeberg, O.: Digitalis purpurea. Archiv f. exper. Pathologie u. Pharmacol. 3, 18 (1875).
28. Mutschler: Liebigs Annalen 185, 214 (1877).
29. Kofler, L.: Archiv der Pharmazie u. Berichte d. deutschen Pharmaz. Gesellschaft, 1924 Heft 4.
30. van der Haar, A. W.: Archiv der Pharmazie 250, 424 (1912); 251, 632 (1914); 252, 421 (1914).
31. Kofler, L.: Pharmaz. Monatshefte 3, 117 (1922).
32. Waage, Th.: Pharm. Zentralhalle 33, 713 (1892).
33. Fischer, R. u. A. Schropp: Die Verteilung des Saponins in den Digitalispflanzen. Arch. d. Pharmazie, 1931.
34. Schäffer, E.: Unveröffentlichte Untersuchungen.
35. Tunmann, O.: Pharmaz. Zentralhalle 49, 61 (1908).
36. Korsakow, M.: Cpt. rend. hebdom. des séances de l'acad. d. sciences 155, 1162 (1912).
37. Rosoll, A.: Sitzungsber. d. Kaiser. Akad. d. Wiss. Wien 1884. Bd. 89, 1. Abt. 143.
38. Hanausek, T. F.: Saponinsubstanzen im Pflanzenkörper. Chem. Ztg. 16, Nr. 71 u. 72, 1892.
39. Combes, R.: Compt. rend. de l'acad. des sciences 145, 1431 (1907).
40. Sagel: Verschärfter Saponinnachweis, Pharm. Zentralh. 1914, 268.
41. Kobert, R.: Archiv f. exper. Pathologie u. Pharmacologie 23, 233 u. 259 (1887).
42. Luft: Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien, Mathemat.-naturwiss. Kl. Abt. 1, 135, 259 (1926).
43. Fischer, R.: Über den Saponinnachweis in der Pflanze mit Blutgelatine. 1930.
44. Boissier, Ed.: Flora orientalis. Bd. 1 (1867).
45. Kuntze, O.: Pl. or. Ross. in Acta Horti Petropol. 10 (1887).
46. Spenner, F.: Monogr. generis Nigellae (1829).
47. Brand, A.: Monographie der Gattung Nigella in Helios 12, 13 (1895 u. 1896).
48. Engler-Prantl: Die natürlichen Pflanzenfamilien. 3. Teil 2. Abt. 1891.
49. Prantl, K.: Beiträge zur Morphologie u. Systematik d. Ranunculaceen in Englers Botan. Jahrb. IX. 1887.
50. Aznavour: Note sur la flore des environs de Constantinople in Bull. Soc. bot. de France 44, p. 165 (1897).
51. De Candolle: Prodromus Systematis Naturalis, 1824.
52. De Candolle: Regni veg. systema naturale 1, 1818.
53. Schiffner, V.: Monographia Helleborum, Halle 1890, und in Englers Botan. Jahrb. 11 (1889).
54. Spach: Hist. veg. 7, 1839.

55. Masclef: Rev. gen. Bot. de S. Bonnier I, 606 (1889).
56. Reichenbach: Übersicht der Gattung Aconitum u. ihrer Arten. Regensburg 1819.
57. — Monographia generis Aconiti. 1820.
58. — Illustratio spec. Aconiti generis. 1823—27.
59. — Icones fl. germ. 4. 1840.
60. Meyer, C. A.: Ledebour Flora altaica 2. 1830.
61. Richter, K.: In Gürke Pl. Eur. 2, 3 (1903).
62. Rapaics, R.: Systema aconiti generis 1907 in Növénytani Közlemények. 6. 1907. Budapest.
63. Stapf: The aconites of India, A Monograph, in Ann. Roy. Bot. Gard., Calcutta 10, 2 (1905).
64. Gayer, G.: Vorarbeiten zu einer Monographie d. europäischen Aconitum-Arten. In Ungar. Bot. Bl. 8 (1909).
65. Goris: De la structure des Aconits. Bull. des Sc. Pharmacol. (1901).
66. Anderson: Monograph. of the Genus Paeonia. 1817.
67. Huth, E.: Monographie der Gattung Paeonia. In Englers Bot. Jahrb. 14, 1892.

Lebenslauf.

Am 4. Juni 1905 wurde ich, Mohamed Ibrahim Geaisa, zu Kohafa-Tanta (Ägypten) geboren. Mein Vater, Ibrahim Mohamed Geaisa, war Landwirt und Bürgermeister von Kohafa.

Zu meiner Ausbildung besuchte ich folgende Schulen: „Tanta Great Coptic School", „Tanta Government Primary School", „Tanta Government Secondary School". Im Jahre 1922 erhielt ich nach bestandenem Examen „Secondary Education Certificate, Part. I" (Obersekundareife). Ein Jahr später kam ich nach Deutschland und habe mich hier erst für die Deutsche Sprache-Prüfung und dann für die Ergänzungsprüfung (nach den Anforderungen einer Preußischen Oberrealschule) auf dem Deutschen Institut für Ausländer an der Universität Berlin vorbereitet und beide Prüfungen bestanden. Ostern 1925 wurde ich an der Friedrich-Wilhelms-Universität zu Berlin als Student der Pharmazie immatrikuliert und studierte zwei Semester. Dann unterbrach ich mein Studium, um meine praktische Lehrzeit zu vollenden. Diese Zeit verbrachte ich in folgenden Apotheken: Radlauer's Kronen-Apotheke, Berlin; Mazloum Bey Apotheke, Abdin, Kairo; Stamboul Apotheke, Tanta. Im Herbst 1927 setzte ich mein Studium an der Berliner Universität fort und bestand nach drei Semestern im Mai 1929 die pharmazeutische Staatsprüfung. Im Sommersemester 1929 beschäftigte ich mich mit einer phytoserologischen Arbeit unter Leitung von Herrn Professor Dr. Gilg. Am Ende des Semesters fuhr ich nach Ägypten, hielt mich dort ein Jahr auf und war größtenteils in Mazloum Bey Apotheke, Fouad I., Kairo, tätig. Im Herbst 1930 setzte ich mein Studium an der Berliner Universität fort.

Seitdem beschäftige ich mich mit botanischen, besonders phytochemischen systematischen Studien unter Leitung von Herrn Professor Dr. Gilg im Laboratorium des Botanischen Museums zu Berlin-Dahlem.

Meine akademischen Lehrer waren die Herren Professoren und Privatdozenten:

an der Universität:

Anselmino, Beck, Brieger, Czaja, Diels, Dieterle, Eggert, Gilg, Hahn, Hesse, Heymann, Liebert, Maier, Mannich, Noack, Pilger, Pringsheim, Rosenmund, Sabalitschka, Schürhoff, Thoms, Wehnelt;

an der Technischen Hochschule Berlin:

Schuberg.

Ihnen allen sage ich an dieser Stelle meinen verbindlichsten Dank.